



⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Gebrauchsmusterschrift
⑩ DE 299 23 774 U 1

⑬ Int. Cl.⁷:
F 16 F 9/30
E 04 B 1/98

DE 299 23 774 U 1

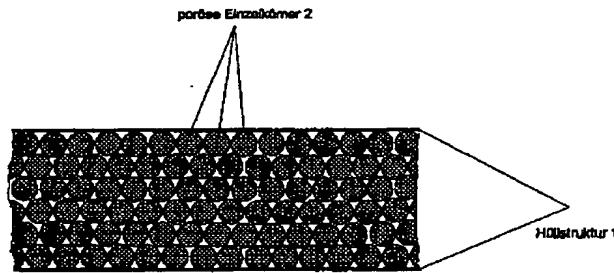
⑪ Aktenzeichen: 299 23 774.5
⑬ Anmeldetag: 31. 8. 1999
aus Patentanmeldung: 199 41 278.2
⑭ Eintragungstag: 30. 8. 2001
⑯ Bekanntmachung im Patentblatt: 4. 10. 2001

⑭ Inhaber:

Fischer, Bernd, Prof. Dr.-Ing., 07749 Jena, DE;
Daniel, Jürgen, Dr.-Ing., 98711 Schmiedefeld, DE

⑮ Vorrichtung zur Absorption mechanischer Beanspruchungen

⑯ Vorrichtung zur Ableitung und Absorption mechanischer Energie, die im Zusammenhang mit unerwünschter statischer oder dynamischer Krafteinwirkung auf technische Einrichtungen auftritt und diese in einem Maße schädigen würde, dass ihre Funktion nicht mehr gesichert ist oder dass das Leben oder die Gesundheit der Personen, die diese Einrichtungen benutzen, gefährdet wäre, dadurch gekennzeichnet, dass geeignete Formteile dieser Vorrichtung als Hüllestruktur 1 ausgebildet sind, die mit kornförmigen, porösen Blähglastörpern (poröse Einzelkörner 2) dicht gefüllt ist, so dass die Masse der porösen Einzelkörner 2, die an ihren Kontaktstellen durch ein Bindemittel 3 lokal fixiert sind, gegenüber der Hüllestruktur 1 eine Stützfunktion übernimmt, bei Einwirkung äußerer Lasten 5 eine möglichst gleichmäßige Beanspruchung aller Zonen der Hüllestruktur 1 gewährleistet und gleichzeitig durch partielle Zerstörung der Einzelkörner einen Teil der auftretenden Energie absorbiert.



DE 299 23 774 U 1

Dr.-Ing. Jürgen Daniel
Herrengartenstr. 11
98711 Schmiedefeld

28.12.2000

Prof. Dr.-Ing. habil. Bernd Fischer
Kernbergstr. 15
07749 Jena

Vorrichtung zur Absorption mechanischer Beanspruchungen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Zum Schutz von Personen und Sachwerten gegen die schädigende Wirkung mechanischer Beanspruchungen, z.B. Schlag oder Stoß, ist es üblich, Schutzaufbauten anzuwenden, die die auftretenden Belastungen ableiten oder absorbieren. Insbesondere sind Vorrichtungen bekannt, die zur Absorption mechanischer Belastungen eine gezielte Verformung oder auch Zerstörung erleiden, dabei mechanische Energie verbrauchen und somit einen Teil der schädigenden Einwirkungen von dem zu schützenden Objekt fernhalten. Je nach Größe und Art der auftretenden Belastungen sowie in Abhängigkeit von dem zu schützenden Objekt werden angepasste Strukturen verwendet. Typische Fälle sind dabei Blechbauteile oder auch Kunststoff-Formteile, die durch spezielle Gestaltung der Einzelkomponenten (z. B. Versteifung durch Sicken bzw. Verwölbungen) aber auch durch die Anordnung der verschiedenen Strukturelemente in definierter Weise auf mechanische Beanspruchungen reagieren. Bekannt sind auch Sandwich- Aufbauten, bei denen zwischen relativ dünnwandigen, umhüllenden Schalen bzw. Platten aufgeschäumte Kunststoff- oder Metallschichten eine verstetigende Wirkung übernehmen. Die Zwischenschichten können ebenfalls aus Bauteilen mit definierter Form bestehen, z.B. Gitter- oder Wabenstrukturen.

Beispiele:

Verformungszonen bei Automobilen, Schutzhelme, Spezialverpackungen

Wesentliche Nachteile beim Aufbau von Blech- oder Kunststoff- Strukturen aus Einzelteilen mit definierter Form sind der hohe fertigungstechnische Aufwand durch Herstellung der Einzelteile und deren Verbindung zum Gesamtsystem. Bei Strukturelementen aus Stahlblech können abgeschlossene Hohlräume entstehen, die einen aufwendigen Korrosionsschutz erfordern. Auch das häufig verwendete Punktschweißen als Verbindungsverfahren für die Blechteile stellt besondere Ansprüche an den Korrosionsschutz. Kunststoffstrukturen sind aufgrund der geringeren Materialfestigkeit in ihrem Einsatzgebiet begrenzt. Maßnahmen zur Festigkeitssteigerung, z.B. Verstärkung durch Glasfaser- oder Metalleinlagen, schränken die Zahl der möglichen Herstellungsverfahren deutlich ein und erhöhen den Fertigungsaufwand beträchtlich.

Werden Sandwich- Strukturen durch das Ausschäumen von Hohlräumen durch Kunststoffe oder auch spezielle Metalle erzeugt, wird der Fertigungsaufwand für Einzelteile und Verbindungsauflauf reduziert. Nachteilig ist jedoch bei Mehrstoff- Strukturen der erhöhte Aufwand für das spätere Recycling. Metallische Porenstrukturen, wie z.B. in US 4 973 358, DE 40 18 360 oder auch DE 43 25 538 beschrieben, weisen eine hohe Belastbarkeit auf, benötigen aber zu ihrer Herstellung aufgrund der höheren Schmelztemperaturen einen hohen Energieaufwand und damit aufwendige Fertigungsmittel. Aufgrund der guten Wärmeleitung metallischer Werkstoffe sind derartige Sandwichteile wenig geeignet, neben ihrer mechanischen Schutzfunktion gleichzeitig eine thermische Isolationswirkung zu übernehmen.

Die Anwendung lose eingefüllter Körper (z.B. Kugeln) als Mittel zur Dämpfung von Stößen oder Schwingungen ist aus verschiedenen Arbeiten bekannt. So sind z.B. Vorrichtungen beschrieben worden, die im Prinzip aus einer Paarung von Kolben und Zylinder bestehen, in deren Arbeitraum sich lose eingefüllte Glaskugeln befinden. Ihre Beweglichkeit beim Auftreten einer Belastung ist durch geeignete Gestaltung von Kolben und Zylinder gegeben. Eine dynamische äußere Last (z.B. Stoß) bewirkt eine Relativbewegung von Kolben und Zylinder und damit eine Verlagerung der Kugeln, wobei deren Reibung zum teilweisen Verbrauch der von außen eingesetzten mechanischen Energie führt. (siehe z.B. DE 25 33 088).

Weiterhin wird in DE 43 23 476 A1 eine Anordnung beschrieben, die auf der Basis von Glasschaum wirkt und vor allem zum Schutz von Gebäuden gegenüber stoßartiger Beanspruchung vorgesehen ist. Die dort beschriebenen Möglichkeiten des Einbaus von Glasschaum sind vorwiegend für die Anwendung in stationären Anordnungen, z.B. Gebäuden, geeignet. Beispielsweise erzeugt die Anordnung von Glasschaumgranulat in eine zementgebundene Masse ein relativ hohes spezifisches Gewicht. Auch ist die Anwendung in Form von Blocksteinen vorwiegend für Bauten von Interesse.

Einlagige Strukturen, wie sie beispielsweise bei Schutzhelmen oder Karosserieteilen angewendet werden, bieten nur so lange Schutz, bis die Wirkung ihrer Form (Glockenform, Sicken, Wölbungen) verloren geht. Dies kann insbesondere bei örtlicher, konzentrierter Belastung relativ leichte Zerstörung zur Folge haben (Einbeulen, Durchbrechen, Aufreißen). Häufig werden solche Strukturen durch zusätzliche Maßnahmen, z.B. Verstrebungen, verstärkt, was wiederum den Herstellungsaufwand steigert.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Lösung für eine Sandwich-Struktur zu schaffen, die durch Verwendung vorgeformter poröser Körper den Aufwand für die Herstellung der Struktur gering hält, die Anpassung an vielfältige Strukturformen ermöglicht, eine hohe Belastbarkeit sichert und gleichzeitig eine thermische Isolationswirkung aufweist.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

An sich bekannte körnige Blähglasprodukte eignen sich sehr gut für die Herstellung der Zwischenschicht einer Sandwich-Struktur, wenn sie unter Ausnutzung ihrer Rieselfähigkeit in den entsprechenden Hohlraum eingefüllt, verdichtet und durch ein geeignetes Bindemittel untereinander und mit den Hüllelementen verbunden werden. Blähglasgranulat können in den unterschiedlichsten Körnungen, mit vorbestimmtem Porenanteil und definierter Einzelkornfestigkeit als Massengut produziert werden. Als Ausgangsmaterial dient Altglas, das in ausreichender Menge zur Verfügung steht.

Korngröße und Einzelkornfestigkeit können dem jeweiligen Belastungsfall angepasst werden.

Bei mechanischer Belastung eines einzelnen Kornes, z.B. durch Druck, erfolgt eine stufenweise Zerstörung, da Außenhaut und Porenwände nacheinander brechen. Dabei entstehen feinkörnige Zerstörungsprodukte, die geeignet sind, die wirkende Last auf einen größeren Bereich der Umgebung zu übertragen. Dieser Mechanismus vollzieht sich sowohl innerhalb eines Kornes als auch zwischen den Körnern. Er hat zur Folge, daß insbesondere bei Druckbelastung, die auch stoßartig auftreten kann, nur eine geringe Gesamtverformung der Sandwich-Struktur eintritt. Dabei wird eine optimale Verteilung der auftretenden Lasten auf die Struktur erreicht, so daß Spannungsspitzen außerhalb der Lastangriffspunkte vermieden werden und eine außerordentlich gleichmäßige Beanspruchung der Hüllstruktur erfolgt. Der Materialeinsatz der Hüllstruktur kann dadurch in geeigneten Fällen reduziert werden, ohne dass die Belastbarkeit des Bauteils gemindert wird.

Bei einheitlicher Korngröße ist das Granulat sehr gut rieselfähig und kann auf diese Weise in vorgefertigte Hohlräume technischer Strukturen eingefüllt werden. Durch geeignete Behandlung, z.B. Rütteln, ist eine dichte Packung der Einzelkörner im Hohlraum zu erreichen.

Die Verbindung der Körner untereinander sowie mit der Hüllstruktur kann durch gleichzeitig oder nachträglich eingebrachte Bindemittel ohne großen technischen Aufwand erfolgen. Das Bindemittel kann bei Bedarf gleichzeitig eine Schutzfunktion gegen Korrosion erfüllen. Das Bindemittel soll dabei nicht die Hohlräume zwischen den Einzelkörnern ausfüllen, sondern nur quasi punktförmige Verbindungsstellen schaffen, so dass eine Verlagerung der Einzelkörner weitgehend unterbunden wird. Bei Strukturen, die einer stationären Anwendung unterliegen, oder bei kleinvolumigen Hohlräumen, kann u.U. auf ein Bindemittel verzichtet werden.

Die Herstellung einer erfindungsgemäßen Sandwich- Struktur kann problemlos auch dann erfolgen, wenn gleichzeitig herkömmliche Mittel zur Stabilisierung, z.B. Verstrebungen, eingesetzt werden. Die Möglichkeit zum Ausfüllen der verbleibenden Hohlräume ist dabei vorausgesetzt.

Neben seiner verstetigenden Funktion innerhalb einer Sandwich- Struktur liefert ein Blähglasgranulat aufgrund der schlechten Wärmeleitfähigkeit des Ausgangsmaterials gleichzeitig eine thermisch isolierende Wirkung. Auch diese kann durch Einstellung der Eigenschaften des Granulats (Porosität, Porenform, Porenwandstärke) den speziellen Erfordernissen angepasst werden.

Das Blähglasgranulat hat eine gegenüber Kunststoffen wesentlich höhere thermische Beständigkeit und ist nicht brennbar. Es unterliegt im Rahmen einer üblichen Nutzungsdauer für technische Objekte keiner Alterung und ist gegenüber Lösungsmitteln beständig.

Die aus Blähglasgranulat aufgebaute Stützschicht einer Sandwich- Struktur kann nach Ende der Einsatzperiode recycelt werden, insbesondere wenn kein Bindemittel verwendet wurde. Bei Verwendung geeigneter Bindemittel kann z.B. eine thermische Zersetzung vor der Rückgewinnung des Granulats erfolgen.

Geschlossenporiges Blähglasgranulat ist auf Wasser schwimmfähig. Bei geeignetem Verhältnis von Volumen, Dichte und Größe der Hüllstruktur ist dadurch auch die Schwimmfähigkeit des Gesamtbauenteils gegeben.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen

Figur 1: Eine Schnittdarstellung einer Sandwich- Struktur unter Anwendung von Blähglasgranulat als verstetigendes Element

Figur 2: Eine Schnittdarstellung vom Teil einer Sandwich- Struktur mit Kennzeichnung der Verbindungsstellen

Figur 3: Eine Schnittdarstellung einer Sandwich- Struktur, bei der Einzelkörner unterschiedlicher Größe eingesetzt sind

Figur 4: Ausschnitt der Kontaktzone Hüllstruktur- Einzelkörner im Bereich des Angriffs einer punktförmigen Last

Alle Figuren wurden schematisiert als ebene Anordnungen dargestellt.

Ein Bauteil X sei beispielsweise von zylindrischer Form und soll als geschlossene Blechkonstruktion ausgeführt sein. Die äußere Form des Bauteils X wird durch entsprechend vorgeformte Blechteile vorgegeben. Sie sind in Figur 1 mit der Hüllstruktur 1 vergleichbar. Innerhalb der Hüllstruktur 1 wird eine dichte Packung von porösen Einzelkörnern 2 eingebracht, die gegenüber der Hüllstruktur eine stützende Funktion übernehmen. Sie können an ihren Berührungspunkten (untereinander sowie mit der Hüllstruktur) durch ein Bindemittel 3 fixiert sein.

Die Größe der porösen Einzelkörner kann annähernd gleich oder aber auch, wie in Figur 3 dargestellt, verschieden sein.

Eine von außen angreifende Kraft 5 (Druck, Stoßbelastung) wird zunächst über die Kontaktstellen der Einzelkörner, ggf. unter Mitwirkung des Bindemittels, verteilt und an die Auflagerpunkte übertragen. Durch die vollständige Ausfüllung der Hüllstruktur 1 mit Einzelkörnern 2 erfolgt dabei eine besonders gleichmäßige Kraftverteilung und damit optimale Beteiligung aller Zonen der Hüllstruktur 1 an der Kraftaufnahme. Diese Verteilungswirkung kann bei Bedarf durch gezieltes, zonenweises Einbringen verschieden großer und/ oder verschiedenen fester und / oder verschieden porösen Einzelkörner 2 gesteuert werden.

Die Herstellung einer erfindungsgemäßen Sandwich- Struktur kann problemlos auch dann erfolgen, wenn gleichzeitig herkömmliche Mittel zur Stabilisierung, z.B. Verstrebenungen, eingesetzt werden. Die Möglichkeit zum Ausfüllen der verbleibenden Hohlräume ist dabei vorausgesetzt.

Neben seiner verstetigenden Funktion innerhalb einer Sandwich- Struktur liefert ein Blähglasgranulat aufgrund der schlechten Wärmefähigkeit des Ausgangsmaterials gleichzeitig eine thermisch isolierende Wirkung. Auch diese kann durch Einstellung der Eigenschaften des Granulats (Porosität, Porenform, Porenwandstärke) den speziellen Erfordernissen angepasst werden.

Das Blähglasgranulat hat eine gegenüber Kunststoffen wesentlich höhere thermische Beständigkeit und ist nicht brennbar. Es unterliegt im Rahmen einer üblichen Nutzungsdauer für technische Objekte keiner Alterung und ist gegenüber Lösungsmitteln beständig.

Die aus Blähglasgranulat aufgebaute Stützschicht einer Sandwich- Struktur kann nach Ende der Einsatzperiode recycelt werden, insbesondere wenn kein Bindemittel verwendet wurde. Bei Verwendung geeigneter Bindemittel kann z.B. eine thermische Zersetzung vor der Rückgewinnung des Granulats erfolgen.

Geschlossenporiges Blähglasgranulat ist auf Wasser schwimmfähig. Bei geeignetem Verhältnis von Volumen, Dichte und Größe der Hüllstruktur ist dadurch auch die Schwimmfähigkeit des Gesamtbauenteils gegeben.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen

Figur 1: Eine Schnittdarstellung einer Sandwich- Struktur unter Anwendung von Blähglasgranulat als verstetigendes Element

Figur 2: Eine Schnittdarstellung vom Teil einer Sandwich- Struktur mit Kennzeichnung der Verbindungsstellen

Figur 3: Eine Schnittdarstellung einer Sandwich- Struktur, bei der Einzelkörner unterschiedlicher Größe eingesetzt sind

Figur 4: Ausschnitt der Kontaktzone Hüllstruktur- Einzelkörner im Bereich des Angriffs einer punktförmigen Last

Alle Figuren wurden schematisiert als ebene Anordnungen dargestellt.

Ein Bauteil X sei beispielsweise von zylindrischer Form und soll als geschlossene Blechkonstruktion ausgeführt sein. Die äußere Form des Bauteils X wird durch entsprechend vorgeformte Blechteile vorgegeben. Sie sind in Figur 1 mit der Hüllstruktur 1 vergleichbar. Innerhalb der Hüllstruktur 1 wird eine dichte Packung von porösen Einzelkörnern 2 eingebracht, die gegenüber der Hüllstruktur eine stützende Funktion übernehmen. Sie können an ihren Berührungs punkten (untereinander sowie mit der Hüllstruktur) durch ein Bindemittel 3 fixiert sein.

Die Größe der porösen Einzelkörner kann annähernd gleich oder aber auch, wie in Figur 3 dargestellt, verschieden sein.

Eine von außen angreifende Kraft 5 (Druck, Stoßbelastung) wird zunächst über die Kontaktstellen der Einzelkörner, ggf. unter Mitwirkung des Bindemittels, verteilt und an die Auflagerpunkte übertragen. Durch die vollständige Ausfüllung der Hüllstruktur 1 mit Einzelkörnern 2 erfolgt dabei eine besonders gleichmäßige Kraftverteilung und damit optimale Beteiligung aller Zonen der Hüllstruktur 1 an der Kraftaufnahme. Diese Verteilungswirkung kann bei Bedarf durch gezieltes, zonenweises Einbringen verschieden großer und/ oder verschieden fester und / oder verschieden poröser Einzelkörner 2 gesteuert werden.

Wird unter der Wirkung der äußeren Kraft an der Kontaktstelle von Hüllestruktur 1 und Einzelkörnern 2 im Bereich der Kraftangriffsstelle die Hüllestruktur verformt und die Haltbarkeit der Einzelkörner 2 überschritten, kommt es nach Figur 4 bei einer partiellen Zerstörung von Einzelkörnern 2 mit gleichzeitiger Verdichtung der Struktur durch die entstehenden Bruchstücke zur Entstehung der Deformationszonen 4. Die konzentriert angreifende äußere Kraft 5 wird dadurch so lange auf eine immer größer werdende Fläche verteilt, bis die Grenze der Belastbarkeit der Einzelkörner 2 wieder unterschritten ist. Die partielle Zerstörung der Einzelkörner bewirkt gleichzeitig einen Abbau von Energie.

13
13
13
13

Ansprüche:

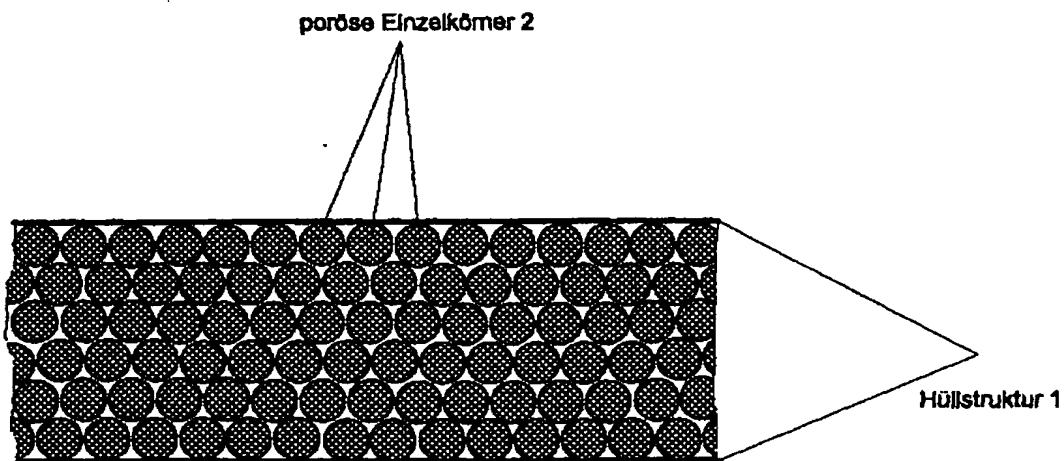
1. Vorrichtung zur Ableitung und Absorption mechanischer Energie, die im Zusammenhang mit unerwünschter statischer oder dynamischer Krafteinwirkung auf technische Einrichtungen auftritt und diese in einem Maße schädigen würde, dass ihre Funktion nicht mehr gesichert ist oder dass das Leben oder die Gesundheit der Personen, die diese Einrichtungen benutzen, gefährdet wäre,

dadurch gekennzeichnet, dass geeignete Formteile dieser Vorrichtung als Hüllstruktur 1 ausgebildet sind, die mit körnigen, porösen Blähglaskörpern (poröse Einzelkörner 2) dicht gefüllt ist, so dass die Masse der porösen Einzelkörner 2, die an ihren Kontaktstellen durch ein Bindemittel 3 lokal fixiert sind, gegenüber der Hüllstruktur 1 eine Stützfunktion übernimmt, bei Einwirkung äußerer Lasten 5 eine möglichst gleichmäßige Beanspruchung aller Zonen der Hüllstruktur 1 gewährleistet und gleichzeitig durch partielle Zersetzung der Einzelkörner einen Teil der auftretenden Energie absorbiert.

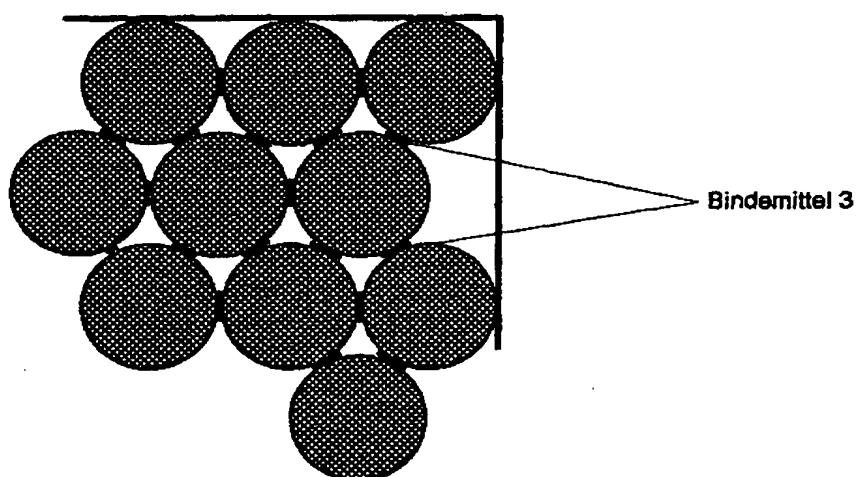
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit von der zu erwartenden Belastung Einzelkörner 2 mit unterschiedlicher Größe und/ oder Porosität und/ oder Einzelkornfestigkeit gezielt, z.B. schichtweise, in die Hüllstruktur 1 eingebracht werden, so dass sie in angepasster Weise auf die zu erwartende Belastung reagieren, d.h. insbesondere, dass hoch beanspruchte Teile der Hüllstruktur 1 stärker unterstützt werden und Kraftwirkungen bevorzugt auf die dafür ausgelegten Auflagerstellen der Vorrichtung abgeleitet werden.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützwirkung der Einzelkörner 2 auf die Hüllstruktur 1 im Zusammenwirken mit herkömmlichen Maßnahmen zur Verstärkung der Hüllstruktur 1 erfolgt, z.B. Sicken, Streben usw.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass für die Hüllstruktur hochbelastbares Fasermaterial bzw. faserverstärktes Material eingesetzt wird.
5. Vorrichtung nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem Bindemittel hochbelastbare faserförmige Stoffe, geordnet oder ungeordnet, in die Verbundstruktur eingebracht werden.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzelkörner 2 an ihren Berührungspunkten untereinander sowie mit der Hüllstruktur 1 nur dicht anliegen und nicht durch ein Bindemittel 3 verbunden sind.
7. Vorrichtung nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die thermisch isolierende Wirkung der Schicht der Einzelkörner 2 genutzt wird.
8. Vorrichtung nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch geeignete Gestaltung von Hüllstruktur 1, Einzelkörnern 2 und ggf. Bindemittel 3 ein spezifisches Gewicht der Gesamtvorrichtung (ggf. inkl. der damit verbundenen Bauteile) $< 1 \text{ kg/dm}^3$ entsteht, so dass eine dauerhafte Schwimmfähigkeit auf Wasser gegeben ist.
9. Vorrichtung nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass anstelle von Einzelkörnern 2 auf der Basis von Blähglas Einzelkörner 2 auf der Grundlage anderer, hochporöser anorganischer Materialien eingesetzt werden.
10. Vorrichtung nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein eventuell eingebrachtes Bindemittel 3 gegenüber der Hüllstruktur 1 gleichzeitig eine Schutzfunktion gegenüber Korrosion ausübt.

Ausführungsbeispiele

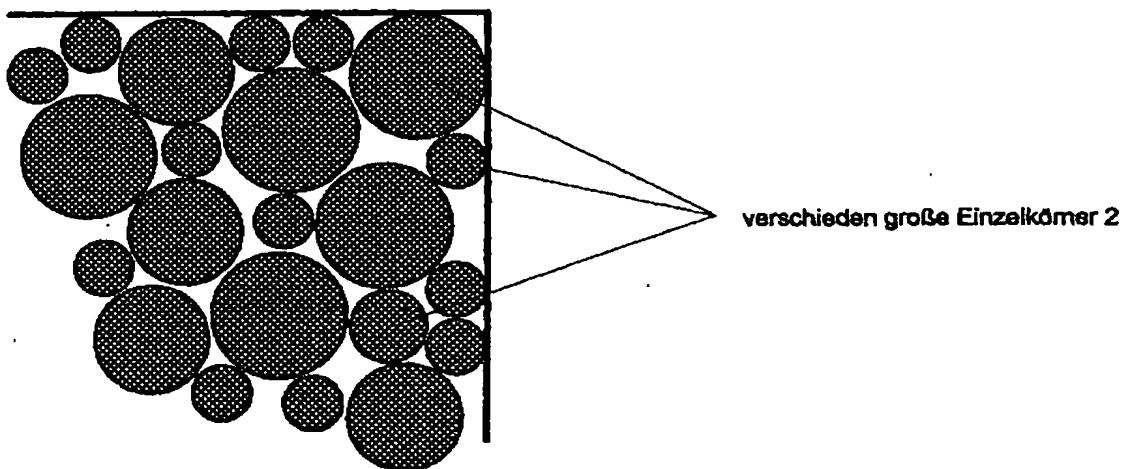
Figur 1



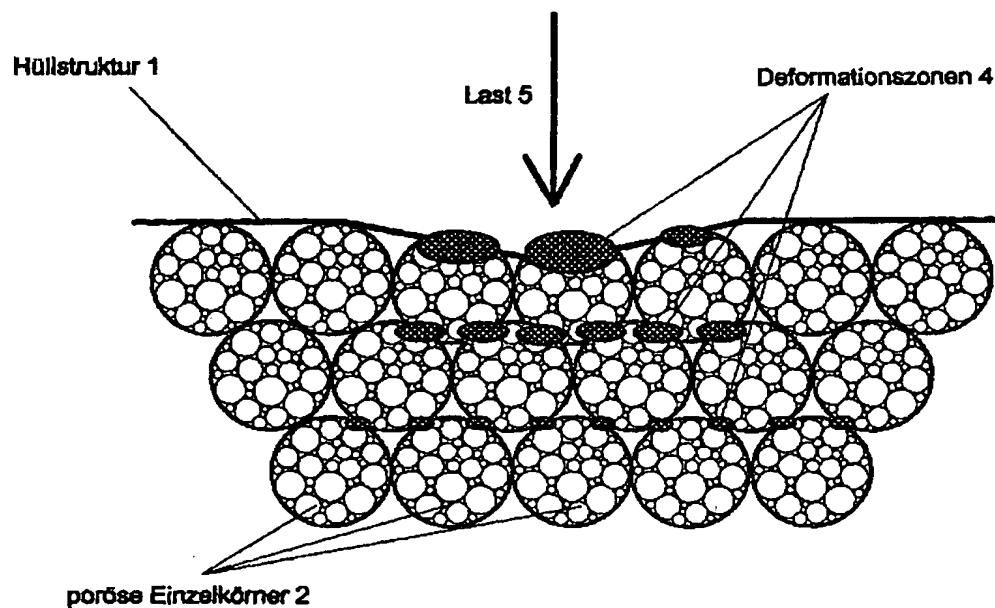
Figur 2



Figur 3



Figur 4



13
12
11
10